

《原 著》

^{201}Tl による心筋シンチグラフィー及び 心筋血流量測定について

石井 靖* 神原 啓文** 米倉 義晴* 門田 和紀**
藤田 透*** 鳥塚 莞爾* 河合 忠一**

タリウム(Tl)は周期律表上ⅢA族に属する金属元素であり、生体内においてカリウム(K)に似た行動をとることが知られている¹⁾。その理由については、おそらく Na-KATP アーゼ系の活性に関連しKと同等に能動的に細胞内に摂取されるためと考えられている²⁾。このような事実に着目して近年Kと同様に心筋イメージング製剤として使用する試みがなされて来ている^{3), 4)}。

元来心筋血流の供給障害は虚血性心疾患、心筋硬塞の本態をなすものであるにかかわらず、臨床的にそれを観察することは困難であり侵襲的方法によらざるを得ない。従ってこれを非侵襲的に同定することは永年の念願であり、核医学においても、近年種々の心筋イメージング製剤が開発されている。これらを一連の骨シンチグラム製剤、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 磷酸化合物等であり、これらの製剤が新鮮な心筋硬塞部位に摂取され、急性期の診断に有用であることは既に報告した⁵⁾。後者は ^{43}K 、 ^{81}Rb 等の一連のK同族体であるが、原理的には、これらの物質

は直ちに細胞内に移行するので、その拡散スペースはきわめて大きく、従って投与直後の臓器内摂取分布は血流供給分布に従い⁶⁾、かくて虚血部位は摂取低下又は陰性像として描出されることになる。しかしながら現在使用されている ^{43}K 、 ^{81}Rb は高ガンマエネルギー放出核種であり、イメージングに際してはシンチスキャナーまたは特殊な遮蔽装置を施したシンチカメラが必要であり^{7), 8)}、従ってその使用は簡便でない。これらの核種に比べて ^{201}Tl のガンマ線は 135KeV、167KeV 及び娘核種 ^{201}Hg に由来する 69~83KeV のX線からなり、通常の高エネルギー用コリメータを装着したシンチカメラ・イメージングが可能であり、その使用は簡便となる。しかも半減期は73時間と比較的長く、従って輸送普及の面でも有利と考えられる。今回我々は第一ラジオアイソトープ研究所の提供により本剤の臨床使用の機会を得たので、そのシンチカメラによる心筋イメージングの成績について報告し、加えて本剤による心筋血流量定量化の可能性について若干の検討を行なったので報告する。

I. 症例及び方法

対象は昭和50年末より昭和51年はじめにかけて京大病院中央放射線部に心筋シンチグラフィを依頼されてきた各種心肺疾患22例中男子12例、女子10例であり、年齢は20才から81才までである。症例別では、Table 1 に示す如く、過去において心

* 京大医学部放射線科

** 京大医学部第三内科

*** 京大医学部附属病院中央放射線部

受付：51年5月8日

最終稿受付：51年6月23日

別刷請求先：京都市左京区聖護院川原町53 (〒606)

京都大学医学部放射線科

石井 靖

Table 1

Case no.	Sex/Age	Clinical Diagnosis	ECG	Scintigraphy	MBF/CO (%) →after exercise
1	F/21	HCM	Rs, V1-3	Septal hypertrophy	6.9
2	M/56	MI IHD	Ant-Sept MI	Ant-Sept MI	3.6
3	F/20	HCM	ST↓, T↓, V4	normal	4.0
4	M/56	CHF CCM?	Ant-Sept-Inf MI	Inf MI	5.4
5	M/68	HYT IHD	ST↓ V5-6 LVH	normal	5.5→4.8
6	M/52	PAT	normal	normal	4.1→4.3
7	M/61	MI IHD	Inf-Lat MI	Inf-Post MI	4.5
8	F/75	HYT	normal	normal	5.3
9	M/42	IHD?	ST↑, II	noarml	4.2
10	M/20	T/F	RVH	RVH	4.0
11	M/50	VT	normal	normal	4.3→5.3
12	M/54	MI IHD	Ant-Sept MI	Sept-Inf MI	3.1→4.8
13	F/59	MI	Inf MI	Inf MI	4.2→3.7
14	M/81	MI	Ant-Sept MI	Ant-Sept MI	4.4
15	F/48	IHD	ST↓ c Ex.	normal	3.5
16	M/41	MI IHD	Post. MI	Post MI	3.1
17	F/30	HCM	Q. T↓, aVf V4-6	Base hypertrophy	5.6
18	F/62	SSS	normal	normal	3.8→4.5
19	F/62	MI	Ant-Sept-Inf MI	Ant-Inf MI	3.6
20	F/75	BA	normal	normal	5.1
21	F/62	MI IHD	Ant-Sept-Inf MI	Inf MI	3.6
22	M/59	MI CHF	Ant-Sept MI	Inf MI	

HCM=Hypertrophic Cardiomyopathy, MI=Myocardial Infarction, CHF=Congestive Heart Failure, CCM=Congestive Cardiomyopathy, IHD=Ischemic Heart Disease, PAT=Paroxysmal Atrial Tachycardia, HYT=Hypertension, T/F=Tetralogy of Fallot, VT=Ventricular Tachycardia, SSS=Sick Sinus Syndrome, BA=Bronchial Asthma

筋硬塞 (MI) の既往を有するもの 9 例, そのうち現在狭心症を有するもの 5 例である. 加えて狭心症を有し心電図変化を伴うもの 2 例, うっ血性心筋症 (CCM) の疑いでシンチグラム上陰性像が見られた 1 例 (症例 4) の計 12 例を虚血性心疾患群 (IHD) とした. 肥大型心筋症 (HCM) の 3 例及びファロー (T/F) の 1 例を肥大型の例とした. 異型狭心症の疑い, 不整脈, 高血圧症, 気管支喘息等

にて臨床諸検査上特に心肺機能の異常が認められなかったもの 6 例を正常群 (normal) とした. なお全例について負荷心電図を行ない, 4 例 (症例 1, 2, 3 及び 13) について冠状動脈造影を行ない, 3 例 (症例 1, 3, 17) の肥大型心筋症については UCG 及び左心カテーテルにて診断を確認した.

^{201}Tl の 1.5~2.0 mCi の約 2 ml を肘静脈より約 20 ml の生理的食塩水でフラッシュして急速にボ

ーラスとして投与し、投与後の経過は Searle Radiographics Pho-Gamma HP にダイバーゼンコリメータを装着し、約3分間記録した。記録は坐位状態の被験者を前面方向より心肺領域が完全に視野内に収まる様照準して行なった。記録は Direct Store Playback System の VTR 中に一たん収録し、のちに Scinti-pack 200 にてデータ解析の対象とした。ついで被験者を背臥位とし、おなじく Pho-Gamma HP に低エネルギー用高分解能コリメータを装着し、前面像 (AP), 左前面 30°, 45° および 60° 斜位像 (LAO), 更に左側面像 (L-LAT) を次々と撮像した。この間1回あたり15万カウント/200~300秒の撮像を行なったので全検査は、ほぼ30分以内に終了することができた。なお撮像には ²⁰¹Hg の X 線及び ²⁰¹Tl のガンマ線の両者が選択できるが、ファントムを使用した基礎実験の成績では、解像力については後者の選択が優れている。加えて心筋から距離のある右前斜位像等は透過力のよい後者の選択が必須であると考えられた。しかし高いエネルギーを選ぶと計数効率は 1/3 と低下するので、検査時間は長くなる。後で述べる様に血流分布を反映させるために

は、できるだけ早い時間でのイメージングが望ましい。従ってエネルギー選別は 80±25% KeV と低いエネルギーとし検査時間の短縮を主眼とした。

6例については他日バイシクル・エルゴメータによって運動負荷を行ない、運動負荷後の記録を同様の方法によって行なった。運動負荷は 100~300W/sec を 15分間行ない、心拍数 150/min を目標とした。この間被験者の心電図モニターを行なった。一連の撮像後、被験者を直ちに島津全身スキャナーで記録し、²⁰¹Tl 全身分布像を得た。

VTR に収録した投与直後初期のデータ解析は、Ishii, MacIntyre 等の方法⁹⁾ に従い、心筋血流量 (MBF) の定量的算出を試みた。すなわち ²⁰¹Tl の投与直後の生体内カイネティクスが K 同族体と同等であれば、Sapirstein の Indicator fractionation principle⁶⁾ によって

$$U_M(t) / [U_B(t) \times U_M(t)] = MBF / CO \quad (1)$$

但し、U_M(t) は心筋 Tl 摂取量、U_B(t) は心筋を除く全身 Tl 摂取量、MBF 心筋血流量、CO は心拍出量である。(1)式左辺の分母は Tl 血中除去率が K, Rb 同様に充分高ければ投与後直ちに全身各臓

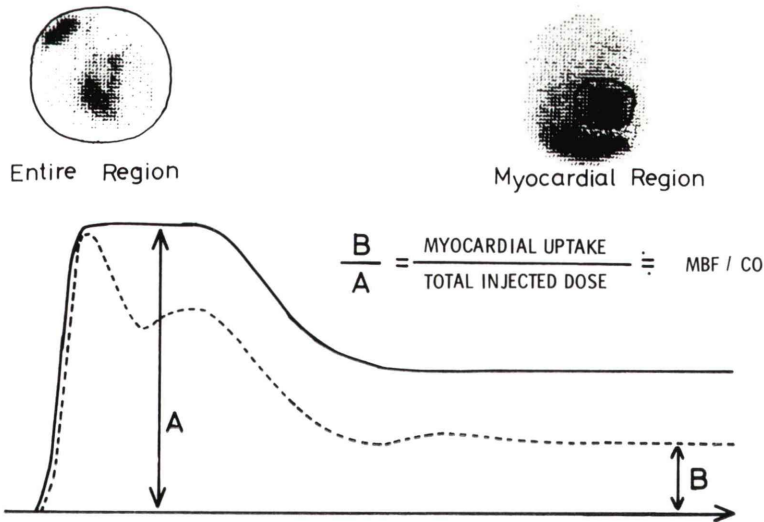


Fig. 1 Calculation of myocardial blood flow as a fraction of cardiac output (MBF/CO). Total injected dosis (A) is estimated by the initial transit of the tracer bolus on entire region (black line). Myocardial uptake (B) is estimated by the activities deposited in myocardial region at later recording (dotted line).

器内に移行するので全身投与量 (I) に近似する。カメラ視野内の Geometry で表現する (1) 式分子の $Um(t)$ は、心筋部に ROI を設定して得たカウント (B) で、分母に近似する I は第 1 回 TI 中心循環系通過時の全視野におけるカウント (A) で実測可能であるから (Fig. 1),

$$MFB/CO = B/A \quad (2)$$

として心筋血流量の心拍量比を算出することができる。なお (2) 式分子 B は周囲肺・胸壁等に摂取された TI の活性もわずかに含むので心筋部 ROI と同じ広さの ROI を心筋を含まない上縦隔部に設定して、この部分の活性をバックグラウンドとして差引いたものを用いた。

II. 結果

Fig. 2 に正常の心筋シンチグラム (症例 11) を示す。心筋は TI のとりこみの少ない肺野に浮彫りにされ、主として肝・腎等血流供給の豊富な腹部臓器の活性と相接した位置関係で示される。一般に右心自由壁の血流量は心室中隔及び左心自由壁のその $1/4$ 以下であるから¹⁰⁾ 心筋は左心が主として描出され、左心室腔を含む中心部から大動

脈弁、僧帽弁を含む心基部にかけてやや活性の少ない馬蹄状として示される。照準方向によって変わる左心室壁各部の位置関係は下段に示す冠動脈造影所見に対応するものと考えられる。心筋病変の存在する接線方向がコリメーションの方向と一致する時、異常像として把握されるので各照準方向からの心筋像の総合判断が必要と考えられた。

この様な観点から各種疾患の心筋イメージングを観察し Table 1 に示す様な所見を得た。虚血性心疾患と診断された 12 例のうち 11 例に心筋欠損像を認めたが、その所在は心電図で推定される部位と良く一致した。ただし心室中隔および下壁硬塞の一部に不一致がみられた。心筋シンチグラム上異常を認めなかった 3 例 (症例 5, 9, 15) 中 2 例は負荷心電図上 ST-T の変化を示した例であり、他の 1 例は異型狭心症の疑われた例である。これらの症例は発作時に心筋シンチグラムが施行できれば異常所見が描出できたかも知れない。

Fig. 3 は、2 年前に心筋硬塞を経験し以後労作時狭心症を訴える症例 2 の心筋シンチグラム及び心電図であるが、両者の所見は矛盾しない、すなわち前壁から中隔にかけての広汎な虚血が明らか

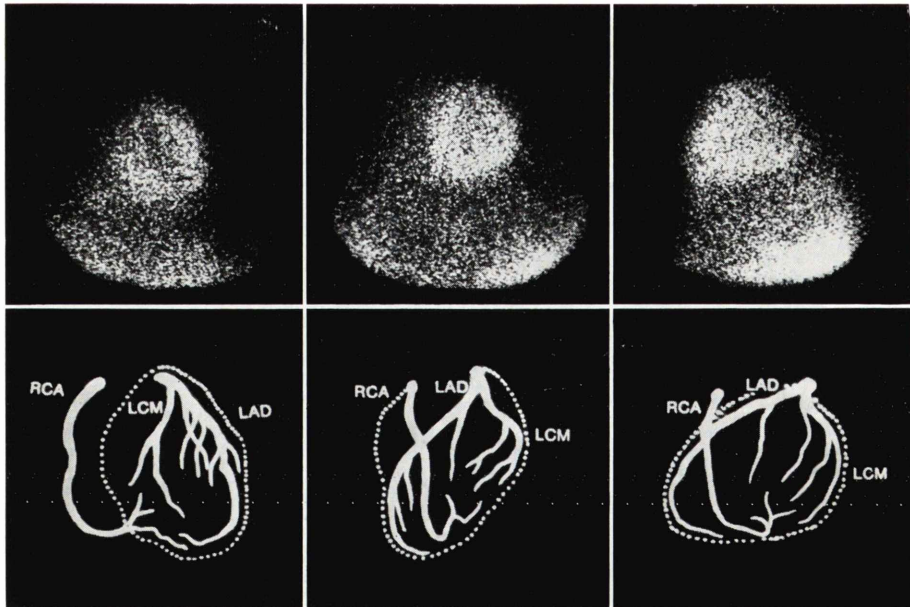


Fig. 2 Normal myocardial scintigram,

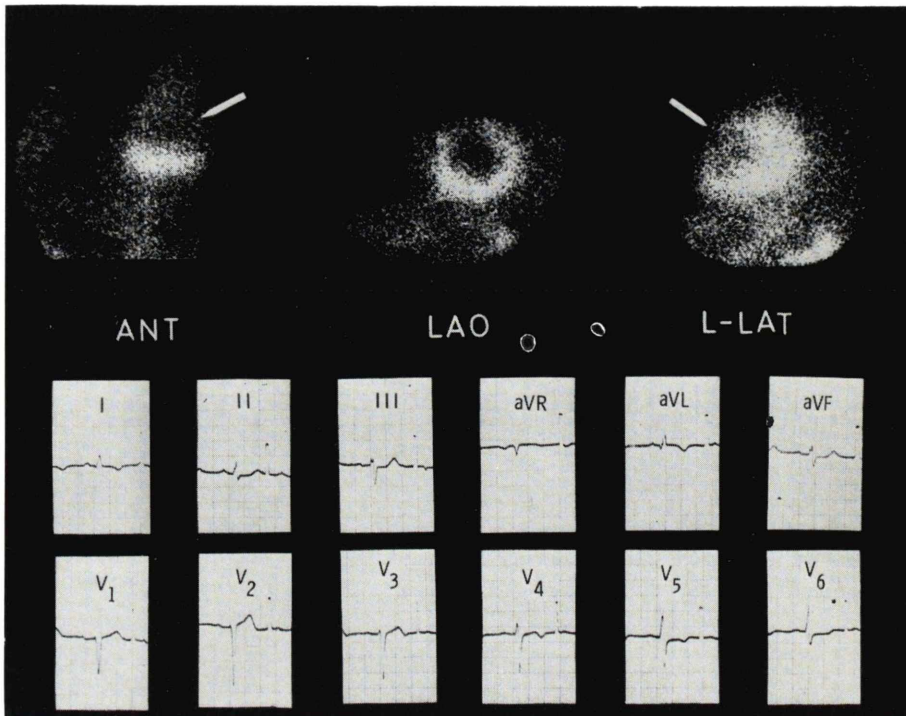


Fig. 3 Myocardial scintigram of patient with anteroseptal myocardial infarction. A defect indicated by arrow.

である。ちなみに酵素学的所見は正常であり、冠状動脈造影所見上左冠動脈のびまん性狭窄と右冠動脈の代償的発育が著明であった。

肥大型心筋症の3例については、3例ともにUCG上心室中隔の肥厚が認められたが、心筋シンチグラム上2例(症例1, 17)に中隔の不均衡肥厚が認められた。Fig. 6に症例1の心筋シンチグラムを示すが、LAO位において心室中隔上部の肥厚がはっきりとあり肥大型心筋症であることが確認できた。ちなみに本例は心電図上異常を認めるが冠状動脈造影上異常を認めない。しかも心室内圧差は21 mmHgであった。この様に心筋シンチグラムは心室壁の観察にも有用である。Fig. 5は症例10 フェロー四徴症の例であるが、正常心で描出されにくい右心室壁がほぼ左心室壁と同等に描出され、本症における右室肥大の存在が確認できた。

Fig. 4 はうっ血性心不全で入院した症例4の心

筋シンチグラム及び心電図である。心筋硬塞の既往症状のないこと、X線写真、UCG上心拡大を認めることからうっ血性心筋症(CCM)が疑われたが状態が悪いため冠状動脈造影法等による確認が得られていない。心筋シンチグラム上心尖部に明らかな欠損像を認め心電図上の異常はむしろ心筋硬塞の存在に対応するものと考えられる。本例は心筋シンチグラムが診断に有用であった例である。

MBF/CO値の正常7例の平均は 4.0 ± 0.5 (%)、虚血性心疾患12例の平均は 4.0 ± 0.8 (%)、肥大型心筋症3例の平均は 5.5 ± 1.2 (%)であり、虚血性心疾患でやや低下しているが有意差を認めない($0.3 > P > 0.2$)。肥大型心筋症でやや上昇しているが有意でない($0.1 > P > 0.05$)。なお肥大型心筋症と虚血性心疾患の間には有意な差を認める($0.05 > P > 0.02$)(Fig. 8)

運動負荷による変動では正常3例については全

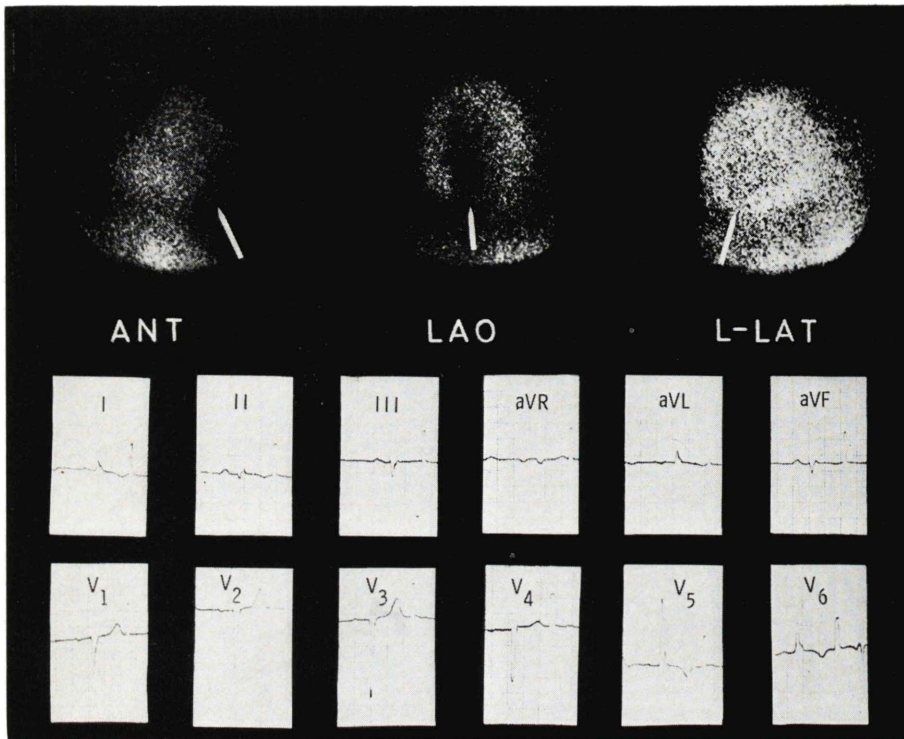


Fig. 4 Myocardial scintigram of patient with inferior wall infarction. A defect indicated by arrow.

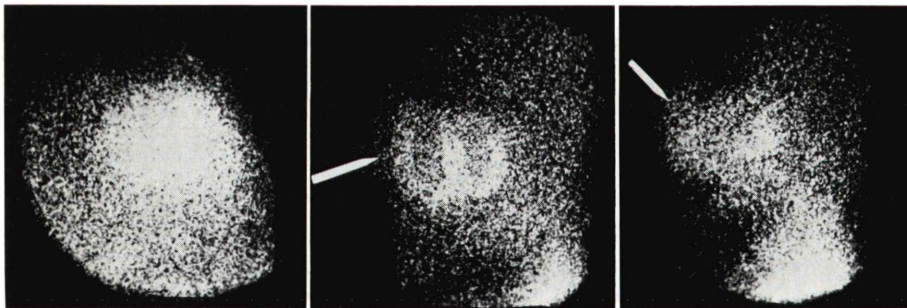


Fig. 5 Myocardial scintigram of patient with tetralogy of Fallot. As indicated by arrow, right ventricular free wall is clearly visualized.

例に負荷後 MBF/CO 上昇を認め、全身スキャン像による全身分布像で明らかな如く、運動に使用した下肢の筋肉への分布が増加し、心筋自体も周囲腹部臓器への分布に比べて相対的に増加していることが明らかである (Fig. 7). すなわち運動前 $4.0 \pm 0.2\%$ から運動後 $4.7 \pm 0.4\%$ と増加している。心筋血流量絶対量としては心拍出量自体の増

加もあるのでより著しい増加があると考えられる。3例の虚血性心疾患については、2例に減少、1例に増加を認めたが、前者はいずれも負荷心電図について ST の低下を認め、後者には認めなかった。すなわち運動前 $4.3 \pm 1.0\%$ から運動後 $4.4 \pm 0.5\%$ であり平均値として変動を認めない。なお減少2例については、右心活性のわずかな増加

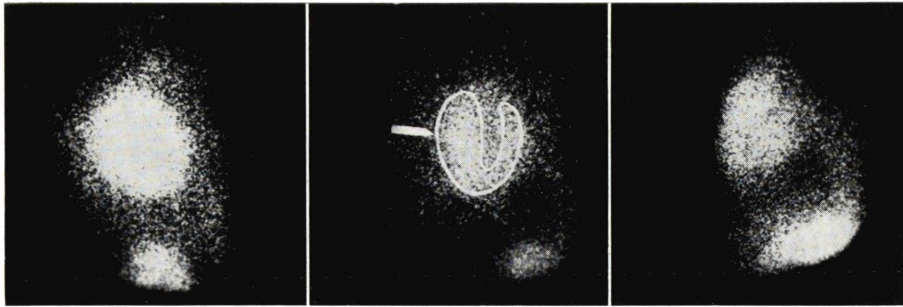


Fig. 6 Myocardial scintigram of patient with IHSS. As indicated by arrow, asymmetric hypertrophy (ASH) of septum is evident.

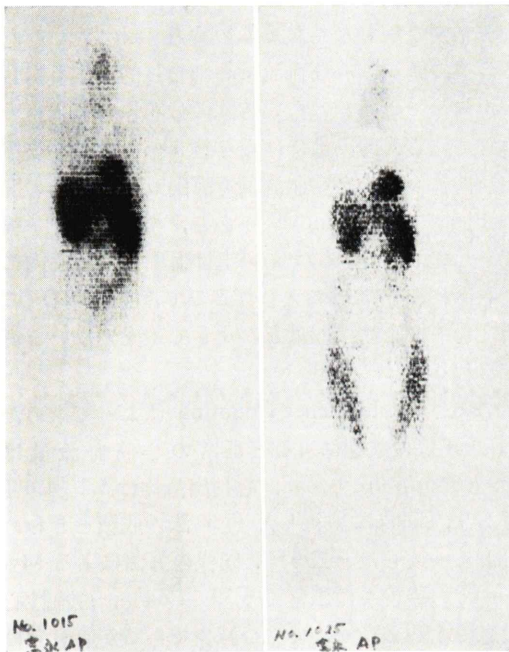


Fig. 7 Whole body distribution of ^{201}Tl before (left) and after (right) exercise.

を認めたが、左室における局所欠損の出現は認めなかった (Fig. 8).

なおうっ血性心不全症状を有し胸部X線写真上 Kerly B line 等の肺うっ血の所見を示した症例 22 において ^{201}Tl の肺への著明な集積を認めたので MBF/CO 算出の対象としなかった。このような異常集積は肺組織拡散スペースの増大すなわち肺浮腫の状態を示唆するものと考えられ、従って今後肺水分量の評価にも有用であると考えられる。

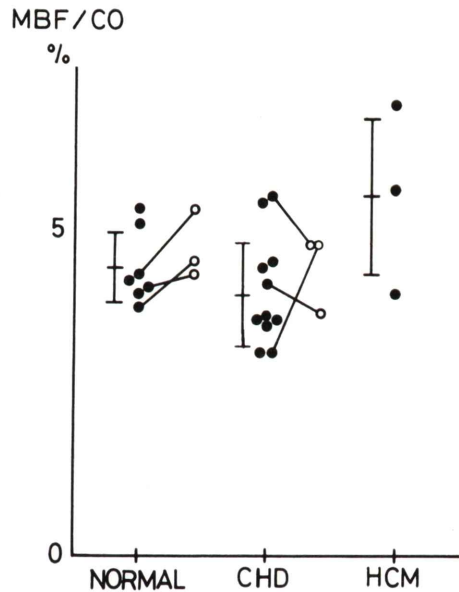


Fig. 8 MBF/CO in various disease (mean \pm SD). Open circle indicates value after exercise loading.

III. 考察

K 同族体が静注投与後、心拍出量の末梢血流分布に従って各臓器に摂取される事実は Sapirstein によって確められ、Indicator fractionation principle として臓器血流分布測定に広く応用されている⁶⁾。原理的には MAA, microsphere 等の栓塞粒子が血流分布に従って末梢血管床に分布捕捉され臓器血流分布イメージングを可能にすることと同じである¹¹⁾。この場合追跡子は一回の臓器通過

によって完全に捕捉摂取され、その摂取率は100%である。しかし、かりに追跡子の摂取が完全でなくとも、摂取率が高く、しかもそれが全身各臓器で同一であれば、循環のくりかえしによって大半は血中から各臓器に移行摂取され、その際再循環による追跡子の臓器相互間での移行再分配も注入初期には生じないので、その末梢分布状況はほぼ栓塞粒子と同様な血流分布を反映する事になる。K, Rbのいずれもこの様な要件を充たすことが確められ心筋血流量測定に応用されることになった^{12)~14)}。すなわち、その全身摂取率は心筋摂取率と等しく約40~50%であるとされている^{15)~17)}。しかも栓塞粒子と異なり肺血管床での捕捉摂取がほとんどないので非侵襲的な静注投与によって目的を達する利点がある。

Tlの血中消失曲線はKと同様急速に減少し、その初期減少の時定数はKを上まわっている¹⁾。その限りではTlの摂取率はKより大きいことになり血流分布イメージング製剤としてはより適切であると考えられるが、これは血管外に漏出したTlイオンがNa-KポンプにKと同等にとりこまれ、その親和性がKより大きいとされる事実²⁾に相応しているものと考えられる。ちなみにNH₃もNa-KATPアーゼへの親和性が高く、本剤も心筋イメージング製剤として近年注目されている¹⁸⁾。

いずれにせよ、これら一連の物質は一回の末梢血管床通過に際して大半は血管外スペースに拡散し、これは直ちに細胞内にNa-Kポンプを介してとりこまれるので、その拡散スペースがきわめて大きくなり、従って血管内への逆拡散はきわめて少ない¹⁹⁾。従ってその末梢摂取は専ら血流依存性であると考えてよい。この際血流量が著しく増加すると当然拡散制限を生じ摂取率が低下することが予想されるが、事実血流量増加に伴い摂取率が低下することが証明されており、本法による血流量は過少評価されるとの指摘がある²⁰⁾。しかしながら、他方ではこの様な摂取率低下は、拡散の関与しないシャント流増加によるものであるとする意見²¹⁾もあり、この意見に従うと、本法により

測定される血流量は物質交換の存在する血管床血流量、いわゆるNutrient Blood Flowであることになる。この意味で冠血流量を取って心筋流量と呼称し区別している人がいるが、生理学的には前者の測定に比べて後者の測定の意義の方が大きいことは云う迄もない。

Tlの心筋内分布の状態は投与直後においては栓塞粒子の分布の状態とほぼ一致していることが確められているが、時間の経過とともに体内での再移動が生じ心筋摂取量は次第に低下し腎・肝への移動の傾向が認められ、この時点ではもはや血流分布を反映しなくなっているものと考えられる^{22), 4)}。従って心筋血流量評価を目的とする場合は投与後できるだけ早い時間の分布について行うべきである。我々はほぼ投与後3分以内の心筋摂取活性について心筋血流量を算出したが、その間5~6回の血流Turnoverがあり、摂取率50%程度としても、ほぼ95%以上は血中から心筋内に摂取されていると考えられるので、心筋ROIの活性をほぼ心筋摂取量とみなして差支えないと考えられる。

⁸⁴RbとCoincidence Countingによって求めたKnobel等の成績によると正常の心筋血流量は 269 ± 61 ml/minであり、心拍出量比は $5.2 \pm 1.6\%$ であり、同時に施行したFick法の成績ときわめてよく一致したと云う²³⁾。同様の方法によるMymin等の報告では正常で $6.39 \pm 1.64\%$ 、虚血性心疾患で $5.79 \pm 1.64\%$ でやや減少であるが有意差は認めていない²⁴⁾。しかしながら運動負荷等によって正常に認められる血流分布の増加が虚血性心疾患群では認められず、むしろ減少の傾向が認められている²⁵⁾。これらの結果は我々の成績に一致するものであり他の測定法による従来の見解、すなわち冠動脈硬化症においては負荷における心筋血流需要に対してその供給予備力が減少しているとする結果^{25)~28)}を臨床的に証明するものである。

Mymin等の成績は我々のそれよりやや高めの値となっている。この場合⁸⁴Rb-Coincidence法はクリスタルの含む固定視野の活性のすべてを測定しており、周囲臓器の活性を除外することは困

難であり、高めの値はそれに起因する過大評価と
考えられる。この点で視覚的に ROI を設定して
心筋部が任意に選択できるシンチカメラの適用
は、この難点を解決し RI 体外計測法の信頼性を
更に高めるものである⁹⁾。この点でもシンチカメ
ライメージングを可能にした ^{201}Tl 出現の意義は
大きい。

心筋イメージングによって虚血部位が明らかにな
ることは今回の観察であきらかであるが、現在
虚血性心疾患は血管病変とそれを代償する副血行
路形成を基礎とした血流需要と供給のかなり変わ
りやすい動的平衡の状態を反映するものと考えら
れているので³⁰⁾、運動負荷によるイメージの变化³¹⁾
とか、種々生理状態における心筋内血流分布
の変動の把握に今後その非侵襲性的特質が生かさ
るべきと考えられる。この様な把握は冠動脈造影
法、心電図所見等とは別の意義を有するものと考
えられる。

心筋シンチグラムはまた虚血性心疾患の評価に
加えて心筋肥大の状態の観察にも有用であり、肥
大性心筋症の診断に有効であるとされている³²⁾。
しかしながら壁厚測定について UCG 等と今後競
合するためには単にその盲点を補足するにとどま
らず³³⁾ ゲートイメージング画像処理法等の工夫
によってその解像力を向上することが必要であろ
う。

さらに ^{201}Tl の出現は非侵襲的な心筋血流量測
定に今後寄与する処が大であり、他法との照合に
よる臨床知見の集積は心疾患の聖域とされていた
領域の開明に有用であろう。

IV. 結論

1) ^{201}Tl の 1.5~2.0mCi の静注投与後 $80 \pm 25\%$
(KeV) の γ 線波高選別を行ない 15 万カウント/200
~300sec の撮像により良質な心筋イメージング
がシンチカメラで施行できた。

2) 心筋硬塞を含む 12 例の虚血性心疾患を疑っ
た疾患のうち 11 例に欠損像を認めたが、心電図所
見とほぼ一致した。しかし一部の例では心電図所
見と一致しなかった。

3) 3 例の肥大型心筋症のうち 2 例に心筋の不均
等肥大を認め、加えて 1 例のファロー四徴症にお
いて右室肥大の所見が認められた。

4) 心筋血流量 (MBF) を心拍出量 (CO) の比と
して全例に算出したが、正常 7 例の平均は $4.4 \pm$
 $0.5(\%)$ 、虚血性心疾患 12 例の平均は $4.0 \pm 0.8(\%)$
肥大型心筋症 3 例の平均は $5.5 \pm 1.2(\%)$ であった。

5) 3 例の正常例及び 3 例の虚血性心疾患につ
いて運動負荷前後の MBF/CO の変動を調べたが、
正常例の全例について増加を、虚血性心疾患につ
いては 2 例に減少、1 例に増加を認めた。減少し
た 2 例はいずれも負荷心電図上 ST の低下を認め
た。

稿を終るに際し ^{201}Tl を御提供下さった第一ラジオア
イソトープ研究所に深謝します。

文 献

- 1) Gehring PJ and Hammond PB: The interrelation-
ship between thallium and potassium in animals.
J Pharmacol Exptl Therap **155**: 187-201, 1967
- 2) Britten JS and Blank M: Thallium activation of the
($\text{Na}^+ - \text{K}^+$)-activated ATPase of rabbit kidney.
Biochim Biophys Acta **159**: 160-166, 1968
- 3) Kawana M, Krizek H, Porter J et al: Use of ^{199}Tl
as a potassium analog in scanning. J Nucl Med
11: 333, 1970
- 4) Lebowitz E, Greene MW, Bradley-Moore P et al:
 ^{201}Tl for medical use. J Nucl Med **16**: 151-155,
1975
- 5) 石井 靖, 山本逸雄, 米倉義晴, 他: $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -diphos-
phonate による心筋シンチグラフィについて, 核医
学 **12**: 667-672, 1975
- 6) Sapirstein LA: Regional blood flow by fractional
distribution of indicators. Am J Physiol **193**: 161-
168, 1958
- 7) Martin ND, Zaret BL, Strauss et al: Myocardial
imaging using ^{43}K and the gamma camera. Radi-
ology **112**: 446-448, 1974
- 8) Lamb J, Baker G, Khentigan A et al: Rubidium-
81 for myocardial imaging. In Proceedings of the
First World Federation of Nuclear Medicine and
Biology, 1974, pp 1051-1053
- 9) Ishii Y, MacIntyre WJ, Pritchard WH et al: Meas-
urement of total myocardial blood flow in dogs
with ^{43}K and the scintillation camera. Circulation
Res **33**: 113-122, 1973
- 10) Domenech RJ, Hoffman JIE, Noble MIM et al:

- Total and regional coronary blood flow measured by radioactive microspheres in conscious and anesthetized dogs. *Circulation Res* **25**: 581-496, 1969
- 11) Kaihara S, Van Heerden PD, Migita T et al: Measurement of distribution of cardiac output. *J Appl Physiol* **25**: 696-700, 1968
 - 12) Donato L, Bartolomei G, Giorodani R: Evaluation of myocardial blood perfusion in man with radioactive potassium or rubidium and precordial counting. *Circulation* **29**: 195-203, 1964
 - 13) Ishii Y, Hamamoto K, Torizuka K et al: Evaluation of myocardial blood flow in man with radioactive rubidium 86 by means of precordial counting method. *Jap Nucl Med* **5**: 44-55, 1966
 - 14) Bing RJ, Bennis A, Bluemchen G et al: Determination of coronary blood flow equivalent with coincidence counting technic. *Circulation* **29**: 833-846, 1964
 - 15) McHenry PL, Knobel SB: Measurement of coronary blood flow by coincidence counting and a bolus of $^{84}\text{RbCl}$. *J Appl Physiol* **22**: 495-500, 1966
 - 16) Ishii Y: Measurement of myocardial blood flow by means of external counting method using ^{86}Rb . *Jap Circulation J* **37**: 163-170, 1973
 - 17) Leblanc AD, Riley RC, Robinson RG: Simultaneous measurement of total and nutritional coronary blood flow in dogs. *Circulation* **49**: 338-347, 1974
 - 18) Harper PV, Lathrop KA, Krizek H et al: Clinical feasibility of myocardial imaging with $^{13}\text{NH}_3$. *J Nucl Med* **13**: 278-280, 1972
 - 19) Conn HL, Robertson JS: Kinetics of radiopotassium transfer in the left ventricle of the infarct dog. *Am J Physiol* **181**: 319-324, 1955
 - 20) Moir TW: Measurement of coronary blood flow in dogs with normal and abnormal myocardial oxygenation and function. *Circulation Res* **19**: 695-699, 1966
 - 21) Friedman JJ: ^{86}Rb extraction as an indicator of capillary flow. *Cir Res* **28** (Suppl I): 1-15-20, 1971
 - 22) Strauss HW, Harrison K, Langan JK et al: Thallium-201 for myocardial imaging. *Circulation* **51**: 641-645, 1975
 - 23) Knobel SB, McHenry PL: Myocardial blood flow. *Arch Intern Med* **127**: 767-772, 1971
 - 24) Mymin D, Sharma GP: Total and effective coronary blood flow in coronary and noncoronary heart disease. *J Clin Invest* **53**: 363-373, 1974
 - 25) Knobel SB, Elliot WC, McHenry PL et al: Myocardial blood flow in coronary artery disease—correlation with severity of disease and treadmill exercise response. *Amer J Cardiol* **27**: 51-58, 1971
 - 26) Gorlin R, Brachfeld N, Macleod C et al: Effect of nitroglycerin on the coronary circulation in patients with coronary artery disease or increased ventricular work. *Circulation* **19**: 705-718, 1959
 - 27) Neil WA: Myocardial hypoxia and anaerobic metabolism in coronary heart disease. *Amer J Cardiol* **22**: 507-515, 1968
 - 28) Balcon R, Hog J, Malloy W et al.: Hemodynamic comparison of atrial pacing and exercise in patients with angina pectoris. *Brit Heart J* **31**: 168-171, 1969
 - 29) Bourassa MG, Campeau L, Bois MA et al: Myocardial lactate metabolism at rest and during exercise in ischemic heart disease. *Amer J Cardiol* **23**: 771-777, 1969
 - 30) Cannon PJ: Radioisotopic studies of the regional myocardial circulation. *Circulation* **51**: 955-963, 1975
 - 31) Zaret BL, Strauss HW, Martin ND et al: Noninvasive regional myocardial perfusion with radioactive potassium: Study of patients at rest, with exercise and during angina pectoris. *N Engl J Med* **288**: 809-812, 1973
 - 32) Bulkley BH, Rouleau J, Strauss HW et al: Idiopathic hypertrophic subaortic stenosis: detection by thallium 201 myocardial perfusion imaging. *N Engl J Med* **293**: 1113-1116, 1975
 - 33) Redwood DR, Scherer JL, Epstein SE: Biventricular cineangiography in the evaluation of patients with asymmetric septal hypertrophy. *Circulation* **49**: 1116-1121, 1974

Summary

Myocardial Scintigraphy with ^{201}Tl and Quantitative Assessment of Myocardial Blood Flow

Yasushi ISHII*, Hirofumi KANBARA**, Yoshiharu YONEKURA*, Kazunori KADOTA**,
Toru FUJITA***, Kanji TORIZUKA*, and Chuichi KAWAI**

Department of Radiology and **the third Division of Medicine, Kyoto University, Medical School. *The Central Clinical Radioisotope Division, Kyoto University Hospital.*

A newly introduced radionuclide for myocardial imaging, ^{201}Tl , was experienced in this study. Twenty-two subjects consisting of 7 normals, 12 with ischemic heart disease and 3 with hypertrophic cardiomyopathy (HCM) were selected. On intravenous administration of ^{201}Tl (1.5–2.0 mCi), initial transit of the tracer through the heart as well as subsequent uptake by the myocardium were recorded by a scintillation camera. The later process provided a distribution of the myocardial blood flow (MBF). A normal myocardial scintigraphy revealed the left-sided myocardial mass predominantly, whereas the right side or the septum predominated in the case of T/F or IHSS. An ischemic or infarcted area of the myocardium in

IHD was compatible with electrocardiographic findings, and revealed defects even in equivocal case on ECG.

Since fraction of radioactivity taken up by the myocardium (U) to total injected dosis (I) is assumed to be proportional with a fractional MBF of CO, MBF/CO is calculated by ratio of the radioactivity selected from myocardial region on the later recording to that from entire region on the initial transit of the tracer bolus. The average of MBF/CO of normals was $4.4 \pm 0.5\%$, IHD $4.0 \pm 0.8\%$ and HCM $5.5 \pm 1.2\%$. On exercise loading, a significant increase of this value was observed in normals, whereas no change was observed in IHD.